

KOMBINASI OZONISASI, IRADIASI ULTRAVIOLET DAN ZEOLIT UNTUK DISINFEKSI AIR TANAH DAN PENENTUAN KONSENTRASI OZON DENGAN METODE SPEKTROFOTOMETRI UV-VISIBLE

Wahyudin, Rachmat Triandi Tjahjanto*, Sri Wardhani

*Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya
Jl. Veteran Malang 65145*

*Alamat korespondensi, Tel : +62-341-575838, Fax : +62-341-575835
Email: rachmat_t@ub.ac.id

ABSTRAK

Air yang layak minum harus memenuhi baku mutu air minum seperti yang tercantum dalam peraturan Menteri Kesehatan No. 492/MENKES/PER/IV/2010. Peraturan tersebut mensyaratkan tidak ada kandungan *Coliform* dan *E. coli* sedikitpun pada air minum, sedangkan syarat kimiawi dan fisika tidak boleh melebihi konsentrasi yang telah ditetapkan, sehingga dibutuhkan proses disinfeksi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya konsentrasi ozon hasil sintesis dengan metode penyerapan sinar ultraviolet oleh oksigen pada panjang gelombang 200-280 nm, dan efektivitas ozon hasil sintesis, iradiasi ultraviolet, dan zeolit untuk disinfeksi air tanah dengan waktu kontak 20, 40, dan 60 menit. Sampel air tanah yang digunakan adalah air tanah di daerah Ketawanggede RT 07/RW 02 Malang. Penelitian ini menggunakan oksigen yang dialirkan dengan debit 833,34 mL/menit secara kontinu dalam tabung quartz dengan daya lampu ultraviolet 15 watt. Berdasarkan penelitian, besarnya konsentrasi ozon hasil sintesis pada waktu 0, 20, 40, dan 60 menit adalah sebesar 0.000, 38.37, 41.49, dan 50.56 mL/kL. Hasil analisis menunjukkan bahwa konsentrasi besi, mangan, TDS, pH setelah disinfeksi mengalami penurunan. Sisa konsentrasi besi pada waktu kontak 20, 40, dan 60 menit disinfeksi sebesar 0.083, 0.070, dan 0.045 mg/L. Mangan sebesar 0.044, 0.028, dan 0.04 mg/L. TDS sebesar 401.2, 406.2, dan 388.8 mg/L. pH sebesar 7.85, 7.80, dan 7.70. Dan tidak terdapat bakteri *E. coli* pada air tanah.

Kata kunci: Bakteri *E. coli*, Besi, Disinfeksi, Mangan, Ozon, pH, dan TDS

ABSTRACT

Potable water must meet drinking water quality standards as set the regulation of the Cabinet Minister of Health No. 492/MENKES/PER/IV/2010. The regulation requires that no content *Coliform* and *E. coli* in drinkin water at all, while the chemical and physical conditions not exceed a predetermined concentration, requiring disinfection process. The study was conducted to determine the amount of ozone concentration synthesized by the method of ultraviolet light absorption by oxygen at a wavelength of 200-280 nm, and the effectiveness of ozone synthesis, ultraviolet irradiation, and zeolit to soil water disinfection contact time 20, 40, and 60 minutes. Sample of ground water used is groundwater in the area of Malang Ketawanggede RT 07/RW 02. This study used oxygen flowed at the rate of 833,34 mL/min continuously in a quartz tube with ultraviolet light 15 watts of power. According to the study, the concentration of ozone synthesis at time 0, 20, 40, and 60 minutes is equal to 0.000, 38.37, 41.49, and 50.56 mL/kL. The analysis showed that the concentration of iron, manganese, TDS, pH decreased after disinfection. Residual concentration of iron in contact time 20, 40, and 60 minute disinfection amounting to 0.083, 0.070, and 0.045 mg/L. Manganese amounting to 0.044, 0.028, and 0.004 mg/L. TDS amounting to 401.2, 406.2, and 388.8 mg/L. pH amounting to 7.85, 7.80, and 7.7. And there are no bacteria *E. coli* in ground water.

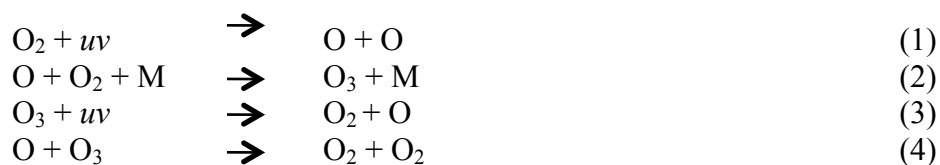
Keywords: Bacteria *E. coli*, Iron, Disinfection, Manganese, Ozone, pH, and TDS

PENDAHULUAN

Air minum merupakan kebutuhan hidup yang tidak dapat dipisahkan dari kebutuhan sehari-hari. Air yang layak minum harus memenuhi baku mutu yang tercantum dalam peraturan Menteri Kesehatan No. 492/MENKES/PER/IV/2010 [1]. Untuk mendapatkan air minum yang memenuhi persyaratan fisika, kimiawi, dan biologi masyarakat memasak air bersih yang berasal dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) maupun air tanah sampai mendidih. Saat ini air minum dalam kemasan (AMDK) telah menjadi salah satu solusi bagi pemenuhan air minum siap pakai yang memenuhi syarat kesehatan. Proses disinfeksi yang digunakan pada AMDK dan usaha air minum isi ulang yaitu dengan ozonisasi karena ozon merupakan oksidator kuat dengan nilai potensial standar sebesar +2,07 volt [2]. Disinfeksi dapat juga dilakukan dengan gas klorin (Cl_2) karena klorin dapat merusak permeabilitas (kemampuan membus) sel bakteri dan menyebabkan kebocoran protein, *Deoxyribonucleic Acid* (DNA), dan *Ribonucleic Acid* (RNA), akan tetapi disinfeksi dengan gas klorin meninggalkan residu (bau kaporit) [3].

Disinfeksi dengan alat kombinasi ozon, iradiasi ultraviolet, dan zeolit merupakan inovasi yang cukup baik dalam menginaktivasi mikroorganisme, mengoksidasi besi (II) menjadi besi (III), mengoksidasi mangan (II) menjadi mangan (IV), menginaktivasi mikroorganisme dengan merusak *Deoxyribonucleic Acid* (DNA) dari sel bakteri, merusak inti asam nukleat pelapis protein yang menghambat pertumbuhan sel baru sehingga menyebabkan kematian pada bakteri, serta adsorpsi dengan zeolit dalam meningkatkan efektivitas penurunan kelebihan besi dan mangan dalam air.

Pembentukan ozon melalui proses penyerapan cahaya melibatkan empat reaksi yang dikenal sebagai reaksi Chapman. Reaksi ini bisa terjadi dengan bantuan sinar ultraviolet (uv). Adapun reaksinya adalah sebagai berikut [4]:



Gas oksigen (O_2) dapat menyerap radiasi ultraviolet (uv) pada panjang gelombang kurang dari 240 nm, sedangkan ozon dapat menyerap radiasi ultraviolet pada panjang gelombang antara 220-280 nm. Apabila gas oksigen menyerap radiasi ultraviolet pada panjang gelombang kurang dari 240 nm, maka gas oksigen tersebut akan terurai menjadi dua

atom O (reaksi 1). Reaksi (2) merupakan reaksi yang menghasilkan ozon, yaitu atom oksigen hasil reaksi (1) yang sangat reaktif bereaksi dengan O_2 membentuk O_3 [4].

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu sintesis ozon terhadap besarnya konsentrasi ozon yang terbentuk dengan metode penyerapan sinar ultraviolet oleh oksigen pada panjang gelombang 200-280 nm, dan efektivitas ozon hasil sintesis, iradiasi ultraviolet dan zeolit dalam mendisinfeksi air tanah. Penggunaan zeolit sebagai adsorben mengadsorpsi besi dan mangan pada air tanah.

PERCOBAAN

Alat dan bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah prototipe, pH meter, spektrofotometer UV-Vis HITACHI U-2810, spektrofotometer serapan atom Shimadzu type AA 6800, *Lactose Broth* (LB), *Brilliant Green Bile Lactose Broth* (BGBL), neraca analitik digital Mettler 2000.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah asam klorida (HCl), kristal kalium iodida 99,995 Suprapur[®], serbuk kalium iodat ACS reagent 99,5%, padatan natrium tiosulfat pentahidrat MDA_CHEM-106516, padatan Na_2HPO_4 Merck, padatan KH_2PO_4 Merck, asam sulfat pekat 96%, zeolit teraktivasi, air tanah, kaldu laktosa, dan akuades.

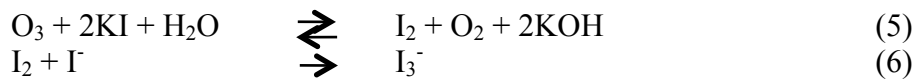
Proses sintesis ozon dengan metode penyerapan sinar ultraviolet oleh oksigen dan proses disinfeksi dengan ozon hasil sintesis pada sampel uji

Gas oksigen dialirkan dengan debit 1666,67 mL/menit kedalam tabung quartz sehingga menyerap radiasi ultraviolet pada panjang gelombang 240 nm. Proses pembentukan dan penguraian ozon seperti pada reaksi 1-4. Ozon hasil sintesis akan dikontakkan dengan sampel uji yang mengalir pada tabung venturi sehingga mengoksidasi besi (II) yang terlarut menjadi besi (III) yang mengendap, mengoksidasi mangan (II) yang terlarut menjadi mangan (IV) yang mengendap. Proses disinfeksi dengan iradiasi ultraviolet juga terjadi dalam reaktor air, semakin lama waktu penyinaran semakin besar penurunan konsentrasi besi, mangan, TDS, dan pH. Penggunaan zeolit sebagai adsorben efektif mengoksidasi logam besi dan mangan.

Penentuan konsentrasi ozon dengan metode spektrofotometri

Penentuan konsentrasi ozon dengan metode spektrofotometri menggunakan larutan kalium iodida didasarkan pada pengukuran ion triiodida. Reaksi antara ozon dengan larutan *neutral buffered potassium iodide* (NBKI) dapat menghasilkan iodin, dengan adanya kalium iodida dalam jumlah berlebih dapat terbentuk kompleks triiodida. Ion triiodida yang

dihasilkan tersebut ditentukan jumlahnya secara langsung menggunakan metode spektrofotometri pada panjang gelombang 352 nm. Reaksi antara ozon dengan kalium iodida merupakan jenis reaksi oksidasi-reduksi atau disebut juga reaksi redoks, dalam hal ini ozon bertindak sebagai oksidator yang kuat sedangkan kalium iodida bertindak sebagai reduktor. Reaksi antara ozon dengan kalium iodida secara stoikiometri ditunjukkan pada reaksi 5, 6 [5].



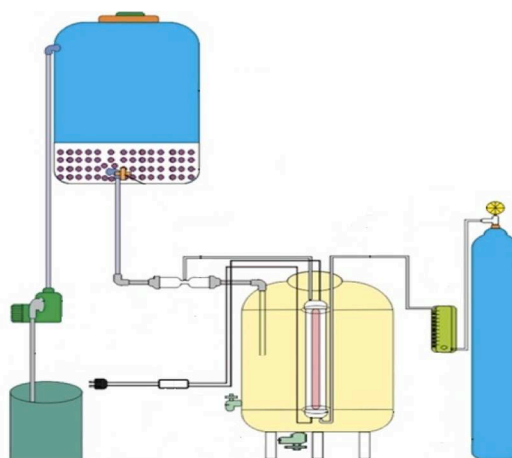
Penentuan konsentrasi ozon didasarkan pada variasi waktu disinfeksi yang dilakukan yaitu 0, 20, 40, dan 60 menit, dengan debit oksigen yang digunakan sebesar 833,34 mL/menit. Sedangkan debit oksigen yang digunakan dalam proses disinfeksi sebesar 1666,67 mL/menit.

Pengujian efektivitas disinfeksi air tanah dengan prototipe

Dihidupkan pompa air selama empat menit dengan debit air 27 liter/menit untuk mendapatkan air sebanyak 108 liter. Kemudian air didiamkan agar terjadi adsorpsi dengan zeolit selama 180 menit. Selanjutnya, dihidupkan lampu ultraviolet (*uv*) dan membuka kran tandon air dengan debit 1,8 liter/menit selama 60 menit, pada waktu yang sama regulator oksigen dibuka dan diatur debit oksigen 1666,67 mL/menit selama 60 menit menggunakan *flowmeter*. Setiap 20, 40, dan 60 menit disinfeksi sampel air diambil sebanyak 0,5 liter untuk dianalisis.

Pengukuran kualitas sampel air tanah

Sampel air tanah digunakan berasal dari sumur gali di daerah Ketawanggede RT 07/RW 05, Kota Malang. Parameter yang diukur diantaranya: pH, besi, mangan, TDS, dan bakteri *E. coli*. Untuk mengetahui efektivitas disinfeksi dilakukan analisis pada sampel sebelum dan setelah proses disinfeksi



Gambar 1. Rangkaian alat kombinasi ozon, iradiasi ultraviolet, dan zeolit (prototipe) [7]

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh variasi waktu terhadap besarnya konsentrasi ozon hasil sintesis

Tabel 1. Hasil Pengukuran konsentrasi ozon dengan metode spektrofotometri UV-Visible

No	Waktu Sintesis (menit)	Konsentrasi Ozon (mL/kL)
1	0	0,000
2	20	38,37
3	40	41,49
4	60	50,56

Analisis konsentrasi ozon hasil sintesis dengan metode penyerapan cahaya oleh oksigen seperti dijelaskan pada reaksi 1-4 dengan metode spektrofotometri UV-Visible menggunakan larutan kalium iodida. Debit oksigen yang digunakan dalam sintesis ozon adalah sebesar 833,34 mL/menit. Besarnya konsentrasi ozon hasil sintesis yang disajikan pada Tabel 1 menunjukkan bahwa konsentrasi ozon yang terbentuk dipengaruhi oleh waktu sintesis yang dilakukan. Semakin lama waktu sintesis ozon maka semakin besar konsentrasi ozon yang terbentuk.

Berdasarkan reaksi stoikiometri 6 yaitu jumlah mol triiodida sebanding dengan mol iodin. Konsentrasi ozon dapat diperoleh berdasarkan reaksi 5 bahwa jumlah mol iodin yang terbentuk dalam larutan sebanding dengan jumlah mol ozon yang mengoksidasi, itu artinya kenaikan konsentrasi ozon disebabkan waktu sintesis yang semakin lama, sehingga kalium iodida yang teroksidasi oleh ozon semakin banyak.

Karakteristik sampel air tanah sebelum dan setelah disinfeksi

Tabel 2. Karakteristik fisik, kimia dan biologis sampel air tanah

No	Parameter Air	Waktu Disinfeksi (menit)			
		0	20	40	60
1	pH	8,000	7,850	7,800	7,700
2	Besi (mg/L)	0,105	0,083	0,070	0,045
3	Mangan (mg/L)	0,048	0,044	0,028	0,004
4	TDS (mg/L)	584,2	401,2	406,2	388,8
5	Bakteri E. coli (MPN/100 mL)	< 2	< 2	< 2	< 2

Efektivitas disinfeksi pada besi dan mangan

Hasil analisis besi dan mangan pada sampel uji sebelum disinfeksi disajikan pada Tabel 2. Setelah dilakukan proses disinfeksi diperoleh sisa konsentrasi besi dan mangan yang disajikan pada Tabel 2. Penurunan konsentrasi besi dan mangan terjadi karena ozon yang dikontakkan sampel air akan mengoksidasi besi (II) terlarut menjadi besi (III) yang

mengendap, dan mangan (II) terlarut menjadi mangan (IV) yang mengendap. Selain ozon adanya radikal bebas hasil dekomposisi ozon, dan zeolit berperan dalam mengoksidasi dan mengadsorpsi besi dan mangan. Besarnya ozon yang digunakan dalam proses disinfeksi adalah sebesar 0,576 mL/liter air.

Peraturan Menteri Kesehatan No. 492/MENKES/PER/IV/2010 bahwa standar air minum untuk konsentrasi besi maksimum 0,3 mg/L, dan mangan 0,05 mg/L. Sedangkan standar air minum WHO untuk Eropa menetapkan konsentrasi besi maksimum 0,1 mg/L. Hal ini ditetapkan bukan berdasarkan alasan kesehatan semata tetapi ditetapkan berdasarkan alasan masalah warna dan rasa [6].

Efektivitas disinfeksi pada nilai pH

Hasil analisis pH pada sampel uji sebelum disinfeksi disajikan pada Tabel 2. Setelah dilakukan proses disinfeksi diperoleh sisa pH yang disajikan pada Tabel 2. Efektivitas penurunan pH diikuti oleh penurunan konsentrasi besi dan mangan karena konsentrasi besi dan mangan dapat mempengaruhi pH air. Peraturan Menteri Kesehatan No. 492/MENKES/PER/IV/2010 bahwa standar air minum untuk pH antara 6,5-8,5. Hal ini menunjukkan bahwa pH awal air (sebelum disinfeksi) dalam standar air minum.

Efektivitas disinfeksi pada bakteri *E. coli*

Hasil analisis bakteri *E. coli* pada sampel uji sebelum dan setelah disinfeksi disajikan pada Tabel 2 menunjukkan bahwa sampel uji tidak terdapat bakteri *E. Coli*. Hasil ini dikarenakan pada uji pendahuluan dengan menggunakan *Lactose Broth* (LB), pada semua tabung yang diinkubasi selama 24-48 jam dengan suhu 35 °C tidak terbentuk gas pada tabung durham. Tes pendahuluan dilakukan untuk mengetahui bakteri *Coliform*. Kemudian dilakukan tes kelanjutan untuk mengetahui adanya bakteri *E. coli* menggunakan *Brilliant Green Bile Lactose Broth* (BGBL). Dari hasil tes kelanjutan yang dilakukan tidak terbentuk gas pada tabung durham, ini berarti dalam sampel air tanah tidak terdapat bakteri *E. coli*. Tes pelengkap tidak perlu dilanjutkan dikarenakan hasil tes pendahuluan dan tes kelanjutan tidak terbentuk gas (negatif).

Efektifitas disinfeksi pada jumlah padatan terlarut (*total dissolved solid/TDS*)

Setelah dilakukan proses disinfeksi yang disajikan Tabel 2 diperoleh sisa konsentrasi TDS seperti pada Tabel 2. Penurunan konsentrasi TDS dikarenakan ozon dapat mengoksidasi logam besi dan mangan, serta adanya radikal bebas hasil dekomposisi ozon, dan zeolit berperan dalam mengoksidasi dan mengadsorpsi besi dan mangan. Besarnya ozon yang

digunakan dalam proses disinfeksi adalah sebesar 0,576 mL/liter air. Konsentrasi TDS mengalami kenaikan pada disinfeksi 40 menit, ini tidak bisa dijelaskan, karena penurunan konsentrasi besi dan mangan seharusnya diikuti oleh penurunan konsentrasi TDS. Peraturan Menteri Kesehatan No. 492/MENKES/PER/IV/2010 bahwa standar air minum untuk konsentrasi TDS maksimum 500 mg/L, sedangkan konsentrasi TDS sebelum dilakukan disinfeksi melebihi syarat yang ditetapkan. Setelah proses disinfeksi konsentrasi TDS dalam air uji memenuhi syarat yang ditetapkan.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan pembahasan yang telah disampaikan dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin lama waktu penyinaran maka disinfeksi untuk menurunkan nilai pH, konsentrasi besi, mangan, TDS, dan Bakteri *E. coli* dalam air tanah semakin meningkat. Konsentrasi ozon yang terbentuk hasil sintesis dengan laju alir oksigen sebesar 833.34 mL/menit dengan waktu sintesis 0, 20, 40, dan 60 menit berturut-turut adalah 0,00; 38,37; 41,49; dan 50,65 mL/kL.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Recognition And Mentoring Program Institut Pertanian Bogor (RAM-IPB).

DAFTAR PUSTAKA

1. Ketentuan Umum Permenkes No. 492/MENKES/PER/IV/2010.
2. Sururi, M.R., Pharmawati, E., Wadhani, E., dan Widayani, S., 2010, *Efisiensi Ozonisasi Air Tanah dalam Proses Disinfeksi*, Jurusan Teknik Lingkungan, Seminar Nasional dan Sain Teknologi-III, Lembaga Penelitian, Universitas lampung, 18-19 Oktober 2010.
3. Said, N.I., 2011, *Desinfeksi Untuk Pengolahan Air Minum*.
4. Anggraini, U., 2011, *Studi Sintesis Ozon dengan Metode Lucutan Plasma*, Skripsi, Universitas Brawijaya, Malang.
5. Shechter, H., 1972, *Spectrophotometric Method For Determination of Ozone in Aqueous Solutions*, Water Research Pergamon Press, Vol. 7, Great Britain pp. 729-739.
6. Effendi, H., 2003, *Telaah Kualitas Air Bagi Pengolahan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*, Yogyakarta, pp 46-47.
7. Wahyudin, 2013, *Kombinasi Ozonisasi, Iradiasi Ultraviolet, dan Zeolit untuk Disinfeksi Air Tanah dan Penentuan Konsentrasi Ozon dengan Metode Spektrofotometri UV-Visible*, Skripsi, Universitas Brawijaya, Malang.